

محاسبه کاهش هزینه‌های عملکردی در ارزیابی اقتصادی بهسازی راه‌ها (مطالعه موردی: راه اصلی فسا-زاهدشهر)

علی منصورخاکی^۱، سید رضا موسوی^{۲*}، عبدالرضا رضایی اجرودی^۲

^۱ دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
^۲ پژوهشکده حمل و نقل، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران

تاریخچه داوری:

دریافت: ۲۵ شهریور ۱۳۹۲
بازنگری: ۱۱ آبان ۱۳۹۳
پذیرش: ۱۳ دی ۱۳۹۴
ارائه آنلاین: ۱۳ دی ۱۳۹۴

کلمات کلیدی:

هزینه‌های عملکردی
ارزیابی اقتصادی
پروژه‌های بهسازی
راه‌های اصلی
مطالعه موردی

چکیده: ترمیم و بهسازی راه‌ها، به منظور جلوگیری از نابودی روسازی و نیز ارتقای سطح کیفی انجام می‌شود. هزینه‌های عملکردی شامل مصرف سوخت، زمان سفر، تصادف‌ها، استهلاک لاستیک و دیگر موارد است که کاهش آن‌ها در اثر ارتقای سطح کیفی راه در انجام ارزیابی اقتصادی به عنوان منافع پروژه مطرح می‌شود. در پژوهش حاضر، منافع حاصل از بهسازی راه‌ها که شامل کاهش هزینه‌ها است، با یکدیگر مقایسه شده‌اند. سپس نسبت فایده به هزینه (B/C) و روش ارزش خالص کنونی (NPV) و الویت‌بندی هر یک در ارزیابی اقتصادی با نتایج بدست‌آمده از روش مذکور تعیین شده است. برای دستیابی به این منظور، الگوی فوق به کمک نرم‌افزار نوشته‌شده با زبان برنامه نویسی ویژوال بیسیک (Visual Basic) تهیه شد و خروجی آن در قالب یک مطالعه موردی در محور فسا-زاهدشهر ارائه شده است. بررسی هر یک از این عوامل در اقتصادی‌بودن پروژه‌های بهسازی، از ویژگی‌های الگوی ارائه‌شده در این پژوهش است.

۱- مقدمه

تعادل بین درآمدها، هزینه و سرمایه‌گذاری در شرایط فعلی و منافی که انتظار می‌رود تا در آینده بدست آید، از جمله پایه‌های ترین پرسش‌های اقتصادی است که مردم به صورت روزمره در طی فعالیت‌های شخصی و تجاری خود با آن روبرو هستند. ارزیابی طرح‌های اقتصادی، محوریت اصلی خود را به تصمیم‌گیری بر مبنای منافع طرح‌های مختلف در مقایسه با هزینه‌های آن‌ها متمرکز داشته است. از آنجایی که موضوع تخصیص بهینه منابع موجود یکی از پایه‌های ترین مفاهیم مورد توجه در علم اقتصاد است، بنابراین موضوع ارزیابی طرح‌های اقتصادی که توجیه اقتصادی طرح‌ها در آن با استفاده از روش‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است، می‌تواند نقش بسیار مهمی را در این زمینه و به ویژه در کشورهای در حال توسعه ایفا نماید [۱].

از آنجایی که عملیات راهسازی به صورت ساخت راه جدید و یا بهسازی راه موجود بسیار پرهزینه است، بنابراین مطالعه و ارزیابی دقیق در استفاده

صحیح از منابع مالی بسیار مناسب خواهد بود. در این پژوهش، ضمن توضیح نحوه محاسبه هزینه‌های عملکردی پروژه‌های راه، روش‌های مناسب ارزیابی اقتصادی شرح داده شده است. به منظور مطالعه موردی، اطلاعات مربوط به بهسازی راه اصلی فسا-زاهدشهر بر مبنای مطالعات سال ۲۰۰۸ به وسیله نرم‌افزاری تحلیل شده و بر اساس محاسباتی که بخشی از آن در ادامه توضیح داده شده، طراحی شده است.

۲- مطالعات تجربی انجام‌شده در ارتباط با موضوع تحقیق

مقاله‌ای با عنوان «ارائه مدل ارزیابی فنی-اقتصادی احداث و بهره‌برداری از آزادراه و بزرگراه‌ها» توسط صفارزاده و همکاران^۱ (۲۰۰۵) ارائه شده و با توجه به هزینه‌های زیاد ساخت پروژه‌ها و همچنین نیاز به ارتقاء جاده‌های موجود، سبب نگرانی مسئولین حوزه راه کشور شده است. در این پژوهش، با کمک معیارهای جداگانه برای اجزای هزینه‌ای با اهمیت در راهسازی (که برحسب مؤلفه‌های فنی مهم بیان شده‌اند) و به کمک روابط ترافیکی و الگوهای تشکیل‌شده در این زمینه، یک هماهنگی بین هزینه‌ها، منافع و

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: sr.moosavi59@gmail.com

^۱ Saffarzadeh et al.

بروز خسارت‌های جبران‌ناپذیر جانی و مالی برای تصادف‌های ترافیکی که ناشی از بروز عوامل طبیعی و فنی است را شرح دهد. ضمن بررسی عوامل یاد شده، خسارت‌های ناشی از تصادف‌ها از نظر اقتصادی در آن مورد بررسی قرار گرفته است [۴].

۳- پیشینه تحقیق

پژوهش‌های مطرح‌شده در بخش قبل برای شکل‌گیری پژوهش حاضر مؤثر واقع شد. به منظور محاسبه بخش‌های مورد استفاده در نرم‌افزار، منابع مختلفی مورد بررسی قرار گرفت و روابط و منابع استفاده‌شده در بخش‌های بعدی با جمع‌بندی صورت‌گرفته به صورت کامل شرح داده شده است. سپس برای کالیبره کردن نرم‌افزار از چند مطالعه که توسط شرکت‌های مشاور انجام شده است، استفاده شد و خروجی نرم‌افزار نیز با نتایج حاصل از مطالعات مذکور مقایسه شد. از میان این مطالعات، مطالعه قطعه فسا زاهدشهر از محور فسا جهرم برای مطالعه موردی مورد استفاده قرار گرفته است. سایر مقالات، کتب و مطالعات مشاورین در این مقاله که از آن‌ها به منظور کالیبراسیون و یا کنترل مطالب بهره گرفته شد، در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

۴- روش‌های مهم ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها

برای ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها، روش‌های شش‌گانه زیر بکار برده می‌شوند. با توجه به مطالعات انجام‌شده، از روش‌های ارزش فعلی خالص و نسبت منافع به مخارج به منظور ارزیابی اقتصادی توسط نرم‌افزار تهیه‌شده استفاده شده است. به این منظور، دو روش مذکور در رابطه‌های ۱ و ۲ شرح داده شده است.

الف) ارزش فعلی خالص^۴ (NPV)

ب) نسبت منافع به مخارج^۵ (B/C)

پ) ارزش یکنواخت سالیانه^۶ (NEVA)

ت) نرخ بازگشت داخلی^۷ (IRR)

ث) ارزیابی اثرات محیطی^۸ (EIA)

ج) دوره بازگشت سرمایه^۹ (IRR⁻¹)

$$NPV = \sum_{n=0}^N \frac{B_n - C_n}{(1+r)^n} \quad (1)$$

که مؤلفه‌های آن عبارتند از:

NPV: ارزش خالص فعلی پروژه

r: نرخ تنزیل N_1 و N_2 و N_3

N: سال مورد نظر

ساختار مسیر برقرار شده است. سپس الگوی کلی با قرار دادن این معیارها در کنار یکدیگر به کمک نرم‌افزار میکروسافت اکسل، به صورت یک برنامه رایانه‌ای طراحی شده است. با وارد کردن مشخصات هزینه‌ای و هندسی مسیر و با توجه به محدودیت‌ها و شرایط خاص در این برنامه و تحلیل نتایج در یک مسیر مشخص، گزینه مناسب‌تر از بین ارتقای راه اصلی به بزرگراه و یا احداث آزادراه معرفی شده است [۲].

مقاله‌ای با عنوان «رهنمود برای تخمین هزینه‌های تصادف‌های جاده‌ای برای کشورهای در حال رشد» توسط سیلوک^۱ (۲۰۰۳) ارائه شده است. در این پژوهش، انواع تصادف‌ها به صورت زیر تعریف شده‌اند [۳]:

- تصادف‌های فوتی: تصادفی است که در آن، یک و یا چند نفر به دلیل تصادف ترافیکی کشته می‌شوند. مدت زمانی که مصدومین ناشی از تصادف‌ها تحت نظر هستند، تا ۳۰ روز بعد از تصادف در نظر گرفته می‌شود.

- تصادف شدید: تصادفی که منجر به مرگ نباشد؛ اما یک و یا چند نفر در آن به شدت مصدوم شده باشند.

- تصادف خفیف: تصادفی که در آن مرگ و میر و مصدومیت شدید رخ نمی‌دهد. اما یک فرد به صورت خفیف مصدوم می‌شود که این مصدومیت خفیف ممکن است بریدگی خفیف، خونریزی کم و یا جراحات سطحی باشد. - تصادف خسارتی: در این تصادف هیچ‌گونه مصدومی دیده نمی‌شود و فقط خسارت مالی به خودروها و یا به کنار خیابان وارد می‌شود [۲۸].

پژوهشی با عنوان «تدوین راهنمای مطالعات توجیه فنی و اقتصادی پروژه‌های جاده‌ای و ریلی» توسط پژوهشکده حمل و نقل^۲ (۲۰۰۸) انجام شده است. در این تحقیق، با توجه به دستورالعمل‌ها و مستندهای موجود، سعی شده است تا مطالبی جامع در ارتباط با توجیه فنی و اقتصادی انواع پروژه‌های جاده‌ای و ریلی ارائه شود. موارد مختلف فنی از قبیل طراحی هندسی راه و راه‌آهن، روسازی راه، تعیین دوره بررسی، تعیین گزینه وضعیت پایه، محدوده طرح، برآورد حجم کار و غیره برای توجیه فنی طرح و همچنین هزینه‌های حاصل از این پروژه‌ها از قبیل برآورد هزینه‌های سرمایه‌گذاری (هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم عملیات، هزینه تملیک زمین و پرداخت خسارت، هزینه برپایی و برچیدن کارگاه، مصالح، برآورد هزینه‌های مطالعات و غیره)، تعمیر و نگهداری و منافی مانند صرفه‌جویی در سوخت وسایل نقلیه، صرفه‌جویی قطعات یدکی وسایل نقلیه، سود حاصل از بهبود انواع ترافیک، سود حاصل از صرفه‌جویی در وقت، سود حاصل از کاهش تصادف‌ها و غیره برای محاسبه ارزش خالص فعلی پروژه محاسبه شدند. نرم‌افزاری برای انجام محاسبات در محیطی کاربرپسند ارائه شد که قادر است تا ضمن ارائه گزارش‌های متنوع، حساسیت نتایج پروژه‌ها را به صورت تک‌متغیره و چندمتغیره نسبت به تغییرهای عوامل کلیدی پروژه بررسی کند [۴].

مقاله‌ای تحت عنوان «مطالعات اقتصادی تصادفات ترافیکی» توسط شیران^۳ (۱۹۹۲) ارائه شده است. در این مقاله سعی شده است تا علل متفاوت

⁴ Net Present Value

⁵ Benefit/Cost Ratio

⁶ Net Equivalent Value Annual

⁷ Internal Rate of Return

⁸ Environmental Impact Assessment

⁹ Investment Rate of Return

¹ Silcock

² Transportation Research and Technology

³ Shiran

جدول ۱: مقالات، کتب و مطالعات مشاورها

Table 1. Articles, books and studies of counseling

شماره مرجع	منبع	متغیرها	
[۷]	آنز و همکاران (۲۰۰۶)	اولویت‌بندی اقتصادی راه	اقتصادی
[۲۸،۹]	صفارزاده و خاکساری و فخرو (۲۰۰۵)، دبیرخانه پیارک (۲۰۰۶)، حسینی (۱۹۹۲)	ارزیابی فنی اقتصادی در پروژه‌های راه	
[۱۰]	خاکی (۱۹۹۲)	هزینه مالکیت و بهره‌برداری ساعتی خودرو	
[۳،۵،۱۱-۱۴]	سیلوک (۲۰۰۳)، شیران (۱۹۹۲)، کرباسیان (۱۹۹۲)، صافی (۲۰۰۷)، آیتی (۲۰۰۳)، تردد (۲۰۰۷)	هزینه تصادف‌ها	
[۱۵-۱۷]	اسکونژاد (۱۹۹۷)، سیدحسینی و آموزگار (۲۰۰۹)، فلوریو (۲۰۰۸)	روش‌های ارزیابی اقتصادی	
[۱۸-۲۳]	واتاناتادا (۱۹۸۷)، هوریس و چشر (۱۹۸۷)، آرزومند (۱۹۹۲)، طلوعی (۲۰۰۶)، دشت‌بزرگی (۲۰۰۹)، موحدی (۲۰۰۸)	ارائه الگو در خصوص هزینه‌های عمکردی در راه	
[۲۴-۲۷]	جونگ و اسچونفلد (۱۹۹۹)، بهیپانی (۲۰۰۲)، نشریه ۱۶۱ (۱۹۹۷)، نریمانی (۲۰۰۲)	روش‌های طراحی مسیر	
[۲۸-۳۰]	سازه و انرژی ساحل (۲۰۰۹)، ایمن تقاطع (۲۰۰۹)، بهین تردد پارس (۲۰۰۹)	مطالعات امکان‌سنجی شرکت‌های مشاور	

می‌آید. هزینه تصادف‌ها از رابطه ۴ محاسبه می‌شود [۱۴]:

$$C_{At} = (1+r)^t (C_1N_1 + C_2N_2 + C_3N_3) \quad (۴)$$

که مؤلفه‌های آن عبارتند از:

C_{At} : هزینه کل تصادف‌ها در سال t

C_1 : هزینه تصادف فوتی

C_2 : هزینه تصادف جرحی

C_3 : هزینه تصادف خسارتی

r' : درصد رشد تصادف‌ها

N_1 و N_2 و N_3 : تعداد کشته‌شدگان، مجروحین و خسارت‌ها

مقدار C با استفاده از مبالغ مورد استفاده در دپارتمان اقتصاد اداره راه ایالت کالیفرنیا (که به نسبت تحقیقات داخلی عدد معقول تری را دارا بوده) بدست آمده است. مبالغ با دلار ۸۹۵۰ ریال و نسبت نرخ تولید خالص داخلی^۲ (GDP) کشورها به ریال ایران تبدیل و در جدول ۲ ارائه شده‌اند [۱،۳۱،۳۲]. اعداد جدول ۲ به صورت گرد شده به عنوان پیش‌فرض وارد نرم‌افزار

² Gross Domestic Product

جدول ۲: مقدار هزینه کشته‌شدگان، مجروحین و خسارت‌ها

Table 2. Incomplete deaths, injuries and damage

مقدار هزینه	نوع هزینه
ریال ۸،۶۳۴،۱۱۷،۶۴۷	تصادف فوتی
ریال ۱۹۸،۹۳۶،۳۸۸	هزینه تصادف جرحی
ریال ۴۸۴۳،۵۲۹	هزینه تصادف خسارتی

C_n و B_n : هزینه و منافع حاصل از پروژه در زمان n

n : تعداد سال‌هایی که هزینه‌ها و منافع پروژه محاسبه می‌شوند [۲۳].

$$BCR = \frac{\sum_{n=0}^N \frac{B_n}{(1+r)^n}}{\sum_{n=0}^N \frac{C_n}{(1+r)^n}} \quad (۲)$$

که BCR نسبت منافع به مخارج است.

۵- نرخ تولید ناخالص داخلی^۱ (GDP)

ارقام اعلام‌شده توسط بانک جهانی حاکی از توان خرید کشورها است که برای تبدیل ارزش پول می‌توان از آن استفاده نمود. این عدد در سال ۲۰۰۷ میلادی برای ایالات متحده آمریکا ۴۵۸۵۰ و برای ایران ۱۰۸۰۰ بوده است که از تقسیم دو عدد بر یکدیگر، عدد ۴/۲۵ حاصل می‌شود. برای تبدیل ارزش دلار به ریال (با فرض دلار برابر با ۸۹۵۰ ریال) با استفاده از رابطه ۳ خواهیم داشت [۳۱]:

$$\frac{x (\$) \times ۸۹۵۰}{۴ / ۲۵} = x (Rls.) \quad (۳)$$

۶- مدل محاسبه هزینه تصادف‌های ترافیکی

تصادف‌های ترافیکی ضررهای اقتصادی زیادی را سبب شده و بنابراین، به عنوان یکی از انواع هزینه‌های حمل و نقل در نظر گرفته می‌شوند. یک تصادف ممکن است در هر جای مسیر اتفاق بیافتد. هزینه تصادف‌ها معمولاً با ضرب نرخ تصادف‌ها در میانگین هزینه سوانح برای هر تصادف بدست

¹ Gross Domestic Product

$$C_{FL} = (V_g N_{v1} g + V_d N_{v2} d) \quad (۶)$$

که مؤلفه‌های آن عبارتند از:

C_{FL} : هزینه مصرف سوخت در حالت عدم اجرای طرح

V_g و V_d : قیمت بنزین و گازوئیل

N_{v1} و N_{v2} : تعداد وسیله نقلیه سبک و سنگین

d و g : مصرف بنزین و گازوئیل بر اساس جدول‌های ۲ و ۳

سود حاصل از کاهش هزینه مصرف سوخت به صورت سود مثبت و برعکس، در محاسبات نرم‌افزار وارد شده و رابطه آن به صورت رابطه ۷ ارائه شده است:

$$B_{FL} = (C_{FL2} L_2) - (C_{FL1} L_1) \quad (۷)$$

که مؤلفه‌های آن عبارتند از:

L_1 و L_2 : طول مسیر در حال عدم اجرا و اجرای طرح

C_{FL1} و C_{FL2} : هزینه مصرف سوخت در حالت اجرا و عدم اجرای طرح

B_{FL} : سود حاصل از کاهش و یا افزایش هزینه مصرف سوخت

برای محاسبه هزینه روغن و استهلاک لاستیک و تعمیر و نگهداری خودرو، از مقادیر ارائه‌شده در نشریه ۲۹۶ استفاده شد که مطابق با آن، مقدار نسبی هزینه مصرف روغن ۰/۲۱، هزینه مصرف سوخت، هزینه استهلاک ۰/۴۵، هزینه مصرف سوخت و هزینه تعمیر و نگهداری نیز ۲۱/۲۲ هزینه مصرف سوخت در نظر گرفته شد [۳۴].

۸- مدل محاسبه زمان سفر

ارزیابی اقتصادی طرح‌های راهسازی هنگامی معنا پیدا می‌کند که محاسبه زمان سفر و کاهش اوقات تلف‌شده مردم و همچنین ارزش ریالی

شدند و تمامی این اعداد، توسط کاربر قابل تغییر است. با توجه به روابط تعریف‌شده، سود حاصل از کاهش تصادف‌ها با استفاده از رابطه ۵ محاسبه می‌شود [۳۳].

$$B = K \times C_{At} \quad (۵)$$

که مؤلفه‌های آن عبارتند از:

K : درصد تأثیر بهسازی در کاهش تصادف‌ها

B : سود حاصل از کاهش تصادف‌ها

C_{At} : هزینه کل تصادف‌ها در سال t

مقدار K از روی مطالعات انجام‌شده در کشور انگلستان محاسبه و برای پیش‌فرض نرم‌افزار به منظور بهسازی، عدد ۰/۳ تعیین شده است [۳۳].

با فرض ثابت بودن درصد رشد تصادف‌های فوتی، جرحی و خسارتی و با توجه به آمار سازمان پزشکی قانونی، مقدار K برای فوتی و جرحی به ترتیب برابر با ۱۰/۵ و ۱۸/۵ درصد بدست آمده است. مقدار t' برای راه‌های ایران به طور پیش‌فرض برای نرم‌افزار ۱۴/۵ درصد در نظر گرفته شده است [۱۳].

۷- مدل محاسبه مصرف سوخت، روغن، استهلاک لاستیک و تعمیر و نگهداری خودرو

بر حسب مطالعات نشریه ۲۹۶ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور، جدول‌های ۳ و ۴ برای میزان مصرف سوخت، سرعت و PCI تهیه شده‌اند [۳۴].

با توجه به جدول‌های ۳ و ۴ (که مصرف سوخت بنزین و گازوئیل را برای وسایل نقلیه سبک و سنگین در هر ۱۰۰۰ کیلومتر ارائه می‌دهند)، اطلاعات دریافتی نرم‌افزار برای مقدار مصرف سوخت به صورت رابطه ۶ تعریف شده است [۱، ۳۴].

جدول ۳: میزان مصرف میانگین سوخت بنزین اتومبیل‌ها در راه‌های بین‌شهری (لیتر در هر ۱۰۰۰ کیلومتر)

Table 3. Average fuel consumption of cars on roads outside the city (liters per 1000 km)

										شاخص شرایط روسازی (PCI)
۱۰۰	۹۰	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰	۴۰	۳۰	۲۰	۱۰	سرعت کارکرد (کیلومتر در ساعت)
۶۶	۷۲/۶	۷۹/۲	۸۵/۸	۹۲/۴	۹۹	۱۰۵/۶	۱۱۲/۲	۱۱۸/۸	۱۲۵/۴	۶۰
۸۴	۹۲/۴	۱۰۰/۸	۱۰۹/۲	۱۱۷/۶	۱۲۶	۱۳۴/۴	۱۴۲/۸	۱۵۱/۲	۱۵۹/۶	۹۰
۱۰۸	۱۱۸/۸	۱۲۹/۶	۱۴۰/۴	۱۵۱/۲	۱۶۲	۱۷۲/۸	۱۸۳/۶	۱۹۴/۴	۲۰۵/۲	۱۲۰

جدول ۴: میزان میانگین مصرف سوخت گازوئیل کامیون‌ها (لیتر در هر ۱۰۰۰ کیلومتر)

Table 4. Average fuel consumption of a truck (1000 liters)

										شاخص شرایط روسازی (PCI)
۱۰۰	۹۰	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰	۴۰	۳۰	۲۰	۱۰	مصرف سوخت
۲۸۹۰۰	۳۱۰۰۰	۳۳۰۰۰	۳۵۰۰۰	۳۷۰۰۰	۳۹۰۰۰	۴۱۰۰۰	۴۳۰۰۰	۴۵۰۰۰	۴۷۰۰۰	



شکل ۱: نحوه انتخاب نوع راه

Fig. 1. How to choose the way type

۹- معرفی نرم افزار تهیه شده

این نرم افزار به منظور امکان سنجی بهسازی راه اصلی از بهسازی نوع الف تا نوع د-الف طراحی شده است. در شکل ۱ امکان انتخاب بهسازی مورد نظر توسط نرم افزار نشان داده شده است. روابط مورد نیاز برای محاسبات بر اساس نتایج حاصل از تحقیق و نظرهای کارشناسی بوده است که در بخش های پیشین توضیح آن ارائه شد.

تعدادی از اطلاعات ورودی مورد نیاز برای نرم افزار به صورت پیش فرض با امکان ثبت مقدار جدید توسط کاربر در نظر گرفته شده است. به طور نمونه، مانند شکل ۲ برای مشخصات مسافرین راه، تعداد و ارزش یک نفر ساعت کار با توجه به تنوع شغلی منطقه، مقادیری فرض شده است که امکان تغییر توسط کاربر نیز برای آن وجود دارد.

پس از وارد نمودن اطلاعات در تمامی صفحات و تأیید داده ها توسط کاربر، نرم افزار اطلاعات را تحلیل و خروجی را در قالب فایل میکروسافت



شکل ۲: صفحه ورود اطلاعات مربوط به مسافرین راه

Fig. 2. Road users information page entry

آن در نظر گرفته شود. در برخی موارد، از محاسبه این مقادیر غفلت می شود. این در حالی است که این موضوع از اهمیت بسیاری برخوردار است. برخی از کارشناسان معتقدند که بکارگیری سود حاصل از کاهش این هزینه در کشورهای جهان سوم لزومی ندارد. اما منافع ناشی از کاهش هزینه های سفر در توجیه اقتصادی پروژه ها (به ویژه در مواردی که کاهش مسیر وجود دارد) بسیار تعیین کننده است. از آنجایی که هدف از این مقاله بهسازی راه ها است و کاهش مسیر در مطالعات بهسازی از مقدار قابل توجهی برخوردار نیست، اما با توجه به تأثیر ریالی قابل توجه در منافع پروژه ها مطابق با جدول ۱۰ برای محاسبات بکار رفته است. برای این منظور، اختلاف طول راه در حالت بهسازی شده و بهسازی نشده بدست آورده شده و سپس سرعت در دو حالت ذکر شده برای تمام سال ها توسط نرم افزار و با توجه به داده های موجود محاسبه می شود. رابطه مورد استفاده برای تعیین مقدار کاهش زمان، در رابطه ۸ ارائه شده است [۱،۳۵].

$$t = \left(\frac{L_2}{V_2} - \frac{L_1}{V_1} \right) \quad (8)$$

که مؤلفه های آن عبارتند از:

t : مقدار زمان متوسط صرفه جویی شده در صورت اجرای طرح نسبت به عدم اجرا است که برای هر سال به صورت جداگانه محاسبه می شود.

L_1 و L_2 : طول راه در صورت انجام طرح و در حالت فعلی

V_1 و V_2 : سرعت متوسط مسیر در صورت انجام و یا عدم انجام طرح

پس از محاسبه مقدار زمان متوسط، کل زمان سفر صرفه جویی شده از

رابطه ۹ محاسبه می شود:

$$T = P_t \cdot t \quad (9)$$

که مؤلفه های آن عبارتند از:

T : کل زمان صرفه جویی شده

P_t : تعداد نفر سفر کرده؛ که مقدار آن به تفکیک وسیله نقلیه و تعداد

استفاده کنندگان محاسبه می شود.

t : مقدار محاسبه شده در رابطه ۸

با توجه به نوع سفرها (کاری، تجاری و تفریحی) در راه مورد مطالعه و

درصد مشاغل در محدوده مسیر مورد نظر، تعداد نفر و ارزش پول ساعت کار

برای هر وسیله نقلیه در نرم افزار وارد شده است. به این ترتیب، ارزش یک

ساعت کاری متوسط راه (t) مشخص می شود و سود بدست آمده آن با استفاده

از رابطه ۱۰ قابل محاسبه است:

$$B_t = T_t \cdot T_{wt} \quad (10)$$

که مؤلفه های آن عبارتند از:

B_t : سود حاصل از کاهش زمان سفر ناشی از کاهش مسیر

T_t : کل زمان صرفه جویی شده

T_{wt} : کل زمان صرفه جویی شده

جدول ۷: اطلاعات ترافیکی

Table 7. Traffic information

متوسط تردد معادل ۲۴ ساعت (ADT)	نوع وسیله نقلیه
فسا-زاهدشهر	
۲۹۹۶	سواری
۱۴۹	مینی‌بوس
۳۷	اتوبوس
۱۰۲۹	تعداد وانت
۴۲۶	کامیون دو محور
۳۰	کامیون سه‌محور
۱۸	نفتکش

جدول ۸: نرخ هزینه‌های عملکردی

Table 8. Performance Fees

۳۳۰۰	قیمت بنزین (ریال برای هر لیتر)
۳۸۰۰	قیمت گازوئیل (ریال برای هر لیتر)
۱۶۰۰۰	قیمت روغن موتور وسیله سبک (ریال برای هر لیتر)
۱۲۰۰۰	قیمت روغن موتور وسیله سنگین (ریال برای هر لیتر)
۴۵	قیمت لاستیک وسیله سبک نسبت به سوخت (درصد)
۴۵	قیمت لاستیک وسیله سنگین نسبت به سوخت (درصد)
۱۲۲	هزینه نگهداری وسیله نقلیه سبک نسبت به سوخت (درصد)
۱۲۲	هزینه نگهداری وسیله نقلیه سنگین نسبت به سوخت (درصد)

جدول ۹: ارزش کنونی با نرخ تنزیل

Table 9. Current value with Equalizing Discount rate

۱۵۱۱۱۷	مجموع هزینه‌ها
۳۰۳۹۸۱	مجموع فایده‌ها
۱۵۲۸۶۴	ارزش فعلی خالص
۲/۰۱	نسبت منافع به هزینه

برای محاسبه سودهای راه ناشی از کاهش هزینه‌ها، مقادیر کاهش تصادف‌ها در اثر بهسازی ۳۰ درصد و ارتقای PCI روسازی در اثر بهسازی، از ۵۵ به ۷۰ در نظر گرفته شده است. با توجه به این که سال شروع عملیات ۲۰۱۱ و دوره ساخت ۳ سال محاسبه شد، بنابراین منافع از سال ۲۰۱۵ بدست

اکسل به تفکیک داده‌ها و نتایج حاصل از تحلیل آن‌ها ذخیره می‌کند.

۱۰- ارزیابی مدل

نرم‌افزار ضمن بررسی نسبت منافع به هزینه برای یک پروژه، قابلیت تحلیل و اولویت‌بندی اقتصادی چند پروژه را نیز دارد. این نرم‌افزار در شرکت‌های مشاور به منظور امکان‌سنجی و هم در بخش کارفرمایی برای بررسی مطالعات مشاوران کاربرد دارد. برای آزمون، از مطالعات توجیه فنی-اقتصادی محور فسا-زاهدشهر (که در مقایسه با سایر مطالعات در دسترس دارای اشکال کمتری بوده) استفاده شده است.

۱۱- گزینه‌ها و اطلاعات ورودی

مؤلفه‌های مربوط به مسیر شامل اطلاعات مربوط به مطالعه و ساخت محور راه و همچنین اطلاعات مورد نیاز در ارتباط با ترافیک محور و هزینه‌های عملکردی، در نرم‌افزار وارد شده است. عملیات تحلیل پس از تأیید داده‌ها آغاز می‌شود. خلاصه اطلاعات ورودی و نتایج تحلیل در جدول‌های ۵ تا ۹ ارائه شده است.

به منظور ورودی اطلاعات از قطعه فسا-زاهدشهر، بخشی از محور فسا-چهرم با طول اولیه ۱۵/۴ کیلومتر و طول نهایی ۱۵ کیلومتر استفاده شده است. جدول‌های ۵ تا ۸، ارائه‌دهنده بخشی از داده‌ها به نرم‌افزار است و جدول ۹ نیز نتیجه ارزیابی نرم‌افزار را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج حاصل از روش‌های NPV و B/C، انجام بهسازی برای مسیر مورد مطالعه دارای توجیه اقتصادی است.

جدول ۵: اطلاعات مربوط به پروژه

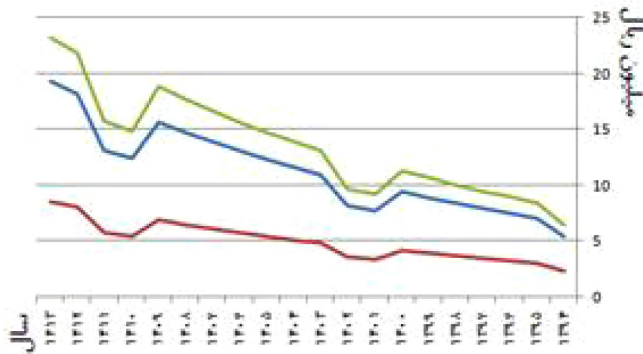
Table 5. Project Information

۱۳۷۸	سال مبنای ارزیابی اقتصادی
۱۳۹۰	سال شروع به ساخت پروژه
۳	مدت اجرای پروژه (سال)
۱۲	نرخ تنزیل (درصد)
۲۰	طول عمر طرح (سال)

جدول ۶: هزینه‌های پروژه (میلیون ریال)

Table 6. Project Costs (Million Rials)

۲۲۱۹۰	هزینه عملیات اجرایی
۱۲۵۱۹۰	هزینه تملک اراضی و مستحدثات
۲۲۰۰	هزینه احداث یک کیلومتر راه مشابه
۱۴۰۰	هزینه هر بار روکش آینده



شکل ۳: کاهش هزینه‌های عملکردی از سال ۱۳۹۶ به بعد

Fig. 3. Operation costs decrement after 2015

تا پنجم منافع ناشی از کاهش هزینه‌ها به ترتیب شامل تعمیر و نگهداری خودرو، مصرف سوخت و استهلاک لاستیک با اعدادی نزدیک به هم هستند که در شکل ۳ نشان داده شده است. همچنین قیمت سه عامل ذکر شده به صورت درصدی از قیمت سوخت محاسبه شده است.

در شکل ۳ تعمیر و نگهداری خودرو با رنگ سبز، استهلاک لاستیک با رنگ قرمز و مصرف سوخت با رنگ آبی نشان داده شده است. در این شکل و در سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۳۰، شکستگی وجود دارد که علت آن سال روکش روسازی بوده و کاهش منافع به دلیل کاهش PCI حاصل شده که افزایش مجدد منافع با روکش مجدد ایجاد شده است.

۱۲- نتایج

با توجه به اهمیت انجام به موقع عملیات بهسازی (که سبب جلوگیری از نابودی روسازی و صرفه‌جویی ناشی از عدم نیاز به احداث مجدد خواهد شد)، اهمیت انجام دقیق ارزیابی اقتصادی اثبات می‌شود. نتایج تحقیق‌ها نشان می‌دهند که در بین روش‌های ارزیابی اقتصادی، بهتر است ارزیابی با روش NPV را انجام داد و در صورتی که نتیجه عددی مثبت باشد، با روش B/C مجدد ارزیابی را انجام داد و اگر عدد بزرگتر از یک شد، نتایج مورد تأیید است. انجام این فرآیند توسط نرم‌افزار امکان‌پذیر است.

گزینه‌های هزینه عملیات اجرائی، مطالعات و تملیک اراضی و مستحقات، مهمترین عوامل هزینه در ابتدای یک پروژه راهسازی اعم از بهسازی یا احداث هستند.

عوامل تعمیر و نگهداری و ترمیم، هزینه‌هایی هستند که باید در شروع بهره‌برداری انجام شوند و استفاده صحیح و برنامه‌ریزی شده از آن‌ها سبب افزایش کیفیت راه و نیز کارایی بالاتر در سال‌های عمر طرح می‌شود.

افزایش سرعت سبب کاهش مصرف سوخت می‌شود و در سرعت حدود ۶۵ کیلومتر بر ساعت به بالاتر، افزایش سرعت سبب افزایش مصرف سوخت می‌شود.

افزایش PCI به معنی کیفیت سطح جاده سبب کاهش مصرف سوخت می‌شود. افزایش سرعت در PCI ثابت سبب افزایش مصرف سوخت شده و

جدول ۱۰: منافع ناشی از کاهش هزینه‌ها (مصرف سوخت، تصادفات، زمان سفر، استهلاک لاستیک، تعمیر و نگهداری خودرو) بر حسب میلیون ریال
Table 10. Benefits of reduced costs (fuel consumption, crashes, travel time, vehicle depreciation, vehicle maintenance (in millions of Rials)

سال	مصرف سوخت	تصادف‌ها	زمان سفر	استهلاک تعمیر و نگهداری لاستیک	خودرو
۲۰۱۵	۵	۲۵۹۴۹	۱۱۹۴	۲	۶
۲۰۱۶	۷	۲۹۷۱۲	۱۲۹۴	۳	۸
۲۰۱۷	۷	۳۴۰۲۰	۱۳۷۹	۳	۹
۲۰۱۸	۸	۳۸۹۵۳	۱۴۶۹	۴	۱۰
۲۰۱۹	۸	۴۴۶۰۲	۱۵۶۶	۴	۱۰
۲۰۲۰	۹	۵۱۰۶۹	۱۶۷۰	۴	۱۱
۲۰۲۱	۹	۵۸۴۷۴	۱۷۸۰	۴	۱۱
۲۰۲۲	۸	۶۶۹۵۳	۱۸۶۶	۳	۹
۲۰۲۳	۸	۷۶۶۶۱	۱۹۶۳	۴	۱۰
۲۰۲۴	۱۱	۸۷۷۷۶	۲۳۰۲	۵	۱۳
۲۰۲۵	۱۲	۱۰۰۵۰۴	۲۴۵۶	۵	۱۴
۲۰۲۶	۱۲	۱۱۵۰۷۷	۲۶۲۰	۵	۱۵
۲۰۲۷	۱۳	۱۳۱۷۶۳	۲۷۹۵	۶	۱۶
۲۰۲۸	۱۴	۱۵۰۸۶۹	۲۹۸۲	۶	۱۷
۲۰۲۹	۱۵	۱۷۲۷۴۵	۳۱۸۲	۷	۱۸
۲۰۳۰	۱۶	۱۹۷۷۹۳	۳۳۹۶	۷	۱۹
۲۰۳۱	۱۲	۲۲۶۴۷۳	۳۴۰۰	۵	۱۵
۲۰۳۲	۱۳	۲۵۹۳۱۱	۳۵۵۲	۶	۱۶
۲۰۳۳	۱۸	۲۹۶۹۱۲	۳۷۰۵	۸	۲۲
۲۰۳۴	۱۹	۳۳۹۹۶۴	۳۸۵۷	۹	۲۳

خواهد آمد. این سودها در جدول ۱۰ ارائه شده‌اند. این مقادیر در نرم‌افزار تا دو رقم اعشار محاسبه می‌شوند. اما در جدول به صورت گرد شده ارائه شده‌اند. لازم به ذکر است که از سودهای ناشی از کاهش هزینه روغن به دلیل ناچیز بودن نسبت سایر موارد، صرف‌نظر شده است و در مقایسه‌ها به عنوان آخرین اولویت به حساب می‌آید.

همان‌طور که انتظار آن می‌رفت، منافع ناشی از کاهش تصادف‌ها در سال‌های بهره‌برداری بیشترین مقدار را به خود اختصاص می‌دهد. سپس از آن‌جایی که کاهش مسیر در اثر بهسازی در مطالعه بسیار ناچیز و حدود ۴۰۰ متر بوده، منافع ناشی از کاهش زمان سفر جایگاه دوم را دارا است. رتبه سوم

- International Development*, Project R-7780, 2003.
- [4] Jahad Daneshgahi of Tarbiat Modares University, Guidebook for the Study of the Technical and Economic justification of Road and Rail Projects, *Transportation Research Institute*, 2008. (In Persian)
- [5] Gh. R., Shiran; Economic Studies of Traffic Accidents, Proceedings of the 2nd Seminar, Study of Transportation Issues in the Country, *Academic Publishing Center of Tarbiat Modares University*, Vol. 1, 1991. (In Persian)
- [6] A., Askari, Investigating the Factors Affecting the Technical and Economic, Social, and Environmental Assessment and justification The projects are Ministry of Roads and Transportation, Deputy of Education, *Research and Technology, Transportation Research Institute*, 2006. (In Persian)
- [7] B.A, Annes.; N.A, Carpenter.; A, Hashmani.; B.J, McGinnis.; M.A, Parrish.; N.N, Joshi.; J.H, Lambert. 2006. Prioritizing Highway Construction with a Benefits Analysis. *Systems and Information Engineering Design Symposium*, 2006 IEEE 118-123 2006 IEEE.
- [8] Secretariat of the World Forum (Piar), Committee No. 6, Economic Assessment for Road Projects in Piar member countries, Ministry of Roads and Transportation, *Research & Technology, Transportation Research Institute*, 2005. (In Persian)
- [9] S. M. Seyyed Hosseini; Traffic Model for Economic Evaluation of Roads and Tunnels Compensated for the private sector, Proceedings second Seminar on Transport Issues in Iran, *Academic Publishing Center of Tarbiat Modares University*, Vol. 1, 1991. (In Persian)
- [10] A. Mansour Khaki; Determining the cost of ownership and driving hours of riding a car; Iran, Proceedings of the Second Seminar on Transportation Issues in Iran, *Academic Publishing Center of Tarbiat Modarres University*, Vol. 1, 1991. (In Persian)
- [11] M. karbasian; Introduction to Identifying Effective Factors in Intercity Accidents and How to Decrease This is a collection of articles of the second seminar on the issues of transportation of the country, *Academic Publishing Center of Tarbiat Modarres University*, Vol. 1, 1991. (In Persian)
- [12] H., Safi; Determining the costs of traffic accidents in the country; Bachelor Thesis Senior Civil and Transport, *Sharif University of Technology*, 2006. (In Persian)
- [13] A., Ayati; Traffic Accident Cost of Iran, *Ferdowsi University Press and Publishing Institute Mashhad*, 2002. (In Persian)
- [14] Behin Traffic Consulting Engineers Estimate Cost of Traffic Accidents in Iran and Provide Related Machine Male, Ministry of Roads and Transportation, *Deputy*
- افزایش PCI در سرعت ثابت نیز سبب کاهش مصرف سوخت خواهد شد. مصرف روغن، استهلاک لاستیک و هزینه تعمیر و نگهداری نیز از شرایطی مشابه با سوخت برخوردار هستند؛ با این تفاوت که افزایش حجم ترافیک و کیفیت سطح جاده، تأثیر زیادی را در استهلاک لاستیک دارد. هزینه بهسازی و ساخت راه با عوامل بسیاری در ارتباط است. هزینه ساخت و احداث در دشت، تپه ماهور و کوهستان متفاوت بوده و در شرایط مشابه، عواملی مانند نزدیک بودن معادن مصالح و کارخانه آسفالت در هزینه نهایی عملیات اجرایی تأثیرگذار است و در مواردی نیز هزینه چند برابر را تحمیل می‌کند. کشورهای مختلف در دنیا، روش‌های گوناگونی را برای محاسبه هزینه تصادف‌ها دارند. اما روش ارائه‌شده در این تحقیق برای کشور ایران مناسب بوده و اعداد آن قابل قبول است. در محاسبات اقتصادی نیازی به استفاده از نرخ تورم نیست و نرم‌افزار نوشته‌شده، تحلیل اقتصادی را انجام می‌دهد و به این ترتیب، می‌توان گزینه مناسب را از میان گزینه‌های مطرح انتخاب نمود. با توجه به اطلاعات وارد شده (که در بخش‌های قبلی پژوهش حاضر به آن اشاره شد) و پس از اتمام ساخت و شروع بهره‌برداری، منافع ناشی از کاهش تصادف‌ها از ۲۵۹۴۹ میلیون ریال در سال ۲۰۱۵ آغاز و به ۳۳۹۹۶۴ میلیون ریال در سال پایان عمر طرح (یعنی سال ۲۰۳۴) ختم می‌شود. همچنین منافع ناشی از کاهش زمان سفر از ۱۱۹۴ میلیون ریال در سال ۲۰۱۵ آغاز و به ۳۸۵۷ میلیون ریال در سال ۲۰۳۴ ختم می‌شود. از آنجایی که کاهش طول مسیر در عملیات بهسازی بسیار کم بوده و همچنین نظر به این که کاهش هزینه مصرف سوخت، تعمیر و نگهداری، روغن و استهلاک لاستیک به طول مسیر وابسته بوده، بنابراین مقدار منافع کم است. اما منافع حاصل از کاهش هزینه تعمیر و نگهداری از سایر بخش‌های باقی‌مانده بیشتر است و از ۶/۴۹ میلیون ریال در سال ۲۰۱۵ آغاز و به ۲۳/۱۵ میلیون ریال در سال ۲۰۳۴ ختم خواهد شد. لازم به ذکر است که چهار مورد اخیر در سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۳۰ کاهش منافع را نشان می‌دهند که علت آن، کاهش PCI در سال‌های مذکور در اثر تردد است که دوباره منافع پس از ترمیم بدست خواهد آمد.

مراجع

- [1] S. R., Moosavi; Optimization of Economical Evaluation in Feasibility Study of Road Projects, *Master of Science's Thesis in Highway & Transportation, Iran University of Science and Technology*, 2009. (In Persian)
- [2] M. Saffarzadeh; A., Khaksari; A., Fakhroo; Providing technical economic model for the construction and operation of freeway and highway, *Research Center, Transportation Research Institute*, 2005. (In Persian)
- [3] R., Silcock; Guidelines for Estimating the Cost of Road Crashes in Developing Countries, TRL, *Department of*

- National Research Council*, Washington DC., No. 1659, pp. 58-67, 1999.
- [25] H., Behbahani; Road Geometric Design, *Academic Publishing Center*, 2001. (In Persian)
- [26] Regulations on Geometric Design of Iran (Edition 161), Management and Planning Organization Country, *Ministry of Roads and Transportation*, 1996. (In Persian)
- [27] Guidance for Preparing a Justification Report for Road Construction, Management and Planning Organization Country, Deputy Director of Affairs, Financial and Human Resources, Center of Scientific Documents, Museum and Publications, 2007. (In Persian)
- [28] Report of fasa-Jahrom Introductory Phase Studies, *Sazeh & Energy Consulting Engineers Sahel*, 2008. (In Persian)
- [29] Preliminary studies on the Mehr-Galedar-Daralmizan axis, *Imen Taghato Consulting Engineers*, 2008. (In Persian)
- [30] Fouman-Shaft-Saravan Axis Initiative Studies, *Behin Pars Taradod Consulting Engineers*, 2008. (In Persian)
- [31] S., Omidbakhsh et al., The World Trade Organization, the Structure, Rules and Approval of the Names, the Company Commercial Publishing, *Affiliated with the Institute of Business Studies and Research*, Printed Second, 2010. (In Persian)
- [32] Life-Cycle Benefit-Cost Analysis Model, California Department of Transportation, http://www.dot.ca.gov/hq/tpp/offices/eab/LCBC_Analysis_Model.html
- [33] Gross National Income per Capita 2007, Atlas Method and PPP, World Development Indicators Database, World Bank, Revised 17th, 2008.
- [34] A., Arler; translation F., Pakzad; Economic Evaluation of Transportation, Planning and Budget, *Institute of Planning*, 1978. (In Persian)
- [35] A guide to the improvement of asphalt and sandy processes, the management and planning organization of the country, Deputy of Administrative, Financial and Human Resources Affairs, *Center for Scientific Documents, Museum and Publications*, 2004. (In Persian)
- Head of Education, Research and Technology*, 2006. (In Persian)
- [15] M. M., Schenezhad; Economics of Engineering or Economic Assessment of Industrial Projects, *Publications Amirkabir University of Technology*, 7th Printing, 1996.
- [16] S. M., Seyyed Hosseini; M., Teacher; Engineering Economics and Decision Analysis, *Publishing Iran University of Science and Technology*, 2008. (In Persian).
- [17] M. Florio .; Cost-Benefit Analysis and Incentives in Evaluation, *The Structural Funds of the European Union. Journal of Economics*, Vol. 94, No. 3, pp. 283-286, 2008.
- [18] T., Watanatada; A. M., Dharehwar; P. R. S., Rezende-Lima; Vehicle Speeds and Operating Costs-Models for Reconstruction and Development, *The World Bank*, Washington DC., 1987.
- [19] A., Chesher; R., Horris; Vehicle Operating Costs—Evidence from Development, *The World Bank*, Washington DC, 1987.
- [20] A., Arezoomand; Evaluation of Amir Kabir Freeway, Master Thesis for Civil Engineering, Road and Transportation, *Iran University of Science and Technology*, 1994. (In Persian)
- [21] A., Toluhi; Technical and Economic Explanation of the Use of Surface Asphalt in Rails Secondary and Rural, Thesis of Civil Engineering, Road and Transportation, *Azad University Islamic (Tehran Jonoob Unit)*, 2005. (In Persian)
- [22] K., Dashtbozorgi; Economic appraisal of the establishment and recovery of the direct and steel making of the factory East of Kaveh Steel, Master thesis in Economics, Development and Economic Planning, *Allameh Tabataba'i University*, 2008. (In Persian)
- [23] F., Movahedi; Prioritizing Value Engineering Studies in Road Projects, Thesis Master of Science in Civil Engineering, Road and Transportation, *Iran University of Science and Technology*, 2007. (In Persian)
- [24] J. G., Jong; P., Schonfeld; Cost Function for Optimizing Highway Alignments, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, TRB*,

برای ارجاع به این مقاله از عبارت زیر استفاده کنید:

Please cite this article using:

A., Mansourkhaki, S. R., Moosavi, A., Rezaee-Arjrodi, "Calculating the Operational Costs Decrement in the Economic Evaluation of the Roads Rehabilitation (Case Study: Fasa-Zahedshahr Main Road)". *Amirkabir J. Civil Eng.*, 49(1) (2017) 165-173.

DOI: 10.22060/ceej.2016.573

